

# フェムト秒光パルスを用いた分子配向のコヒーレント制御

気体や液体の物性を計測する場合、分子はランダムな速度、配向(分子軸)で飛び回っているため、測定結果は速度分布や配向分布を伴うことは避けられない。分子の運動状態(並進、振動、回転)を単一化してやれば解析可能な情報量は飛躍的に増え、高度な計測が可能となる。反応制御や物質合成の場合にも状況は類似しており、低収率、低選択性の原因は原子分子の運動状態の分布によるところが大きい。分子の運動状態の単一化操作は、高効率性、高選択性、機能性材料の創生にとってのキーテクノロジーとなる。

レーザー光を用いた分子操作は、ある特定の量子状態に遷移させてやることによって、多数個からなる分子集団に対して特定の運動状態だけにできるという特徴をもっている。これまでの代表例として、レーザー冷却による並進運動の制御が挙げられる。しかし、分子の回転状態を制御して気体や液体分子を配向整列させるといった分子操作は困難であった。それは、光による分子操作は分子のもつ双極子と光電場との相互作用に基づいているため、時間的に方向が反転しながら振動する通常の光電場では分子双極子の方向を一定の向きに揃えることができないからである。

我々は、位相制御光と呼ばれる特殊な光を用いることによって気体分子の頭と尻尾を区別した分子配向制御を世界に先駆けて実現した<sup>1,2)</sup>。位相制御光とは、異なる波長のレーザー光の相対位相を精密に制御して重ね合わせた

光を指す。例えばレーザーの基本波とその第二高調波の相対位相を0または $\pi$ に固定して重ね合わせれば、その光電場は正負に対して図1(a,b)のように異方的な波形となる。位相制御された光電場が分子の双極子を動的に配向させることにより、通常の光では不可能な(頭と尻尾を区別した)分子配向を識別することが可能となる。このように光の位相によって物質を制御する手法はコヒーレント制御と呼ばれている。我々は、これまでに位相制御されたフェムト秒光パルス(パルス幅:130fs、波長800nm+400nm)を用いて分子配向のコヒーレント制御を行い、光分解生成物の前方放出成分と後方放出成分の比から分子配向を観測した(図2)。そして本手法が、(1)共鳴遷移を必要としないため光の波長を変える必要がなく、物質の種類に依存しない手法であること、(2)2原子分子だけでなく複雑な多原子分子でも配向制御が可能であり、適応範囲の広い汎用的な手法であることを実証した。

さらに我々は本手法を応用して、気体分子を配向整列させることにより、質量だけでなく分子構造の同定までできる質量分析装置の開発へと発展させている<sup>3)</sup>。コヒーレント制御で分子を配向整列させ、分子の立体構造の情報を保ったまま光イオン化と光分解をフェムト秒の時間スケールで瞬間的に行い、その分解生成物の飛び散り方から質量だけでなく構造決定まで行うこれまでにない高度な計測装置の開発を目指している。

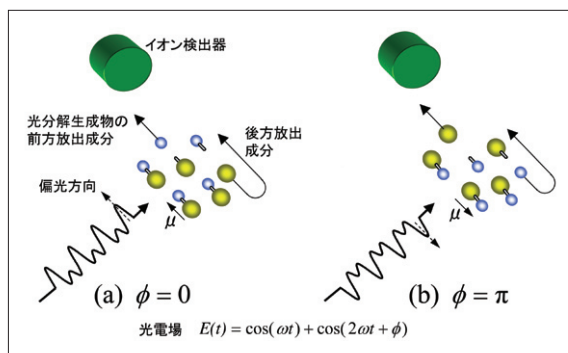


図1 位相制御されたフェムト秒光パルスによる分子配向のコヒーレント制御とその観測法

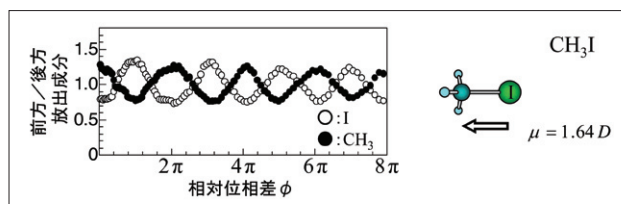
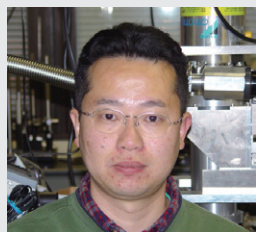


図2 分子配向のコヒーレント制御の観測例



おおむらひでき  
大村英樹  
hideki-ohmura@aist.go.jp  
計測フロンティア研究部門

## 関連情報

- 1) H. Ohmura, T. Nakanaga, M. Tachiya : Phys. Rev. Lett. Vol. 92, 113002 (2004) .
- 2) H. Ohmura, T. Nakanaga : J. Chem. Phys. Vol. 120, 5176 (2004) .
- 3) 特願 2004-157488 「配向分子質量分析装置」(大村英樹) .